



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

IMPLEMENTACIÓN DE UNA ENZIMA (ALFA-AMILASA) A UN
PROCESO TECNOLÓGICO DE FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA PARA
MEJORAR LA PRODUCCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL

ASTUDILLO TORRES HECTOR JOEL
INGENIERO EN ALIMENTOS

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

IMPLEMENTACIÓN DE UNA ENZIMA (ALFA-AMILASA) A UN
PROCESO TECNOLÓGICO DE FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA
PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL

ASTUDILLO TORRES HECTOR JOEL
INGENIERO EN ALIMENTOS

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

EXAMEN COMPLEXIVO

IMPLEMENTACIÓN DE UNA ENZIMA (ALFA-AMILASA) A UN PROCESO
TECNOLÓGICO DE FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA PARA MEJORAR LA
PRODUCCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL

ASTUDILLO TORRES HECTOR JOEL
INGENIERO EN ALIMENTOS

VIVANCO CARPIO ERIK RICARDO

MACHALA, 29 DE AGOSTO DE 2022

MACHALA
29 de agosto de 2022

IMPLEMENTACIÓN DE LA ENZIMA (ALFA-AMILASA) A UN PROCESO TECNOLÓGICO DE FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL

por Hector Joel Astudillo Torres

Fecha de entrega: 18-ago-2022 05:53p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1884106451

Nombre del archivo: COMPLEXIVO_ASTUDILLO_TORRES_HECTOR.pdf (839.65K)

Total de palabras: 4363

Total de caracteres: 26280

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, ASTUDILLO TORRES HECTOR JOEL, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Implementación de una enzima (alfa-amilasa) a un proceso tecnológico de fermentación alcohólica para mejorar la producción de cerveza artesanal, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 29 de agosto de 2022



ASTUDILLO TORRES HECTOR JOEL
0706562675

DEDICATORIA.

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto tan importante de mi formación profesional. A mis padres, Teddyn Astudillo y María Torres por ser un pilar fundamental e importante en mi vida, a mis abuelos quienes me apoyaron mucho en momentos económicos y quienes quiero mucho, brindándome su apoyo incondicional durante mi etapa universitaria.

A mi hermana, primas, primos y a todas aquellas personas que compartieron mis momentos buenos y malos durante estos cinco años, estuvieron a mi lado apoyándome y lograron que este sueño de convertirme en Ingeniero en Alimentos se haga realidad de igual manera a mis allegados y amigos quienes me brindaron mucho apoyo y consejos durante esta etapa universitaria, ayudándome con granos de arena cuando necesitaba.

Héctor Joel Astudillo T.

AGRADECIMIENTOS.

Doy gracias a Dios por darme los conocimientos que necesite y necesito para completar mi educación universitaria, y a mi familia por creer en mí, por darme un ejemplo más allá de mí mismo, de humildad y esperanza, y por enseñarme a valorar cada oportunidad que se me presente, porque alimentaron en mí el deseo de superación y triunfo en la vida.

A mi Tutor de proyecto, por haberme impartido sus enseñanzas adquiridas a lo largo de su vida profesional y estar pendiente de mis avances durante el proceso de mi trabajo final, así haberlo culminado y como consecuente estar próximo a embarcarme al mundo profesional.

Agradezco además a la Universidad Técnica de Machala por la oportunidad que me brindó al haberme permitido ser parte de ella y de su formación académica.

Héctor Joel Astudillo T.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
INDICE DE CONTENIDO	III
RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	5
INTRODUCCIÓN.....	6
OBJETIVOS.....	7
OBJETIVO GENERAL.....	7
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
CAPÍTULO 1	8
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	8
2.1 Cerveza.....	8
2.1.1 Definición	8
2.2 Antecedentes históricos.....	8
2.3 Tipos de cerveza.	9
2.4 Componentes de la cerveza.....	9
2.4.1 Agua.....	9
2.4.2 Lúpulo.....	10
2.4.3 Levadura.....	10
2.4.4 Malta.....	11
2.5 Fermentación Alcohólica.....	12
2.6 Alfa-Milasa.....	12
2.7 Efecto de la alfa-milasa en la fermentación alcohólica.....	13
2.8 Diagrama de Proceso.....	14
2.8.1 Descripción del diagrama de flujo.....	14
3. CONCLUSIÓN.....	17
BIBLIOGRAFÍA.....	18

RESUMEN.

La cerveza es un producto con una demanda extraordinaria en el mercado nacional e internacional, para ello se necesitan una serie de procesos, que van desde la germinación del grano hasta el procesado (hidrólisis enzimática) pasando por la cocción y la fermentación. Este es un proceso muy sensible y se caracteriza por cada componente utilizado, desde la materia prima hasta el producto final. Es por ello por lo que encontramos tanta variedad de cervezas en el mercado.

El presente trabajo consiste en la “Implementación de una enzima (alfa-amilasa) a un proceso tecnológico de fermentación alcohólica para mejorar la producción de cerveza artesanal”, bajo las condiciones necesarias para diseñar un proceso de producción y mejora de propiedades de la cerveza artesanal.

En él se elaboró un diagrama de flujo para la producción de cerveza artesanal, describiendo su proceso y los cambios bioquímicos que ocurren con la adición de la enzima alfa-amilasa, y se analizó metodológicamente los beneficios que aporta la alfa-amilasa en el proceso de producción de la cerveza artesanal.

Palabras claves: Cerveza, alfa-amilasa, cambios bioquímicos, enzima, fermentación

ABSTRACT.

Beer is a product with an extraordinary demand in the national and international market, for which a series of processes are needed, ranging from grain germination to processing (enzymatic hydrolysis) through cooking and fermentation. This is a very sensitive process and is characterized by each component used, from the raw material to the final product. That is why we find so much variety of beers on the market.

The present work consists of the "Implementation of an enzyme (alpha-amylase) to a technological process of alcoholic fermentation to improve the production of craft beer", under the necessary conditions to design a process of production and improvement of properties of craft beer.

In it, a flow diagram for the production of craft beer was elaborated, describing its and the biochemical changes that occur with the reduction of the enzyme alpha-amylase, and the benefits that alpha-amylase provides in the process were analyzed methodologically. craft beer production.

Keywords: Beer, alpha-amylase, biochemical changes, enzyme, fermentation

INTRODUCCIÓN.

La cerveza es una de las bebidas más antiguas y consumidas en el mundo, el proceso medular para su elaboración es la fermentación alcohólica, mediante la faena de levaduras generalmente (*Saccharomyces cerevisiae*), convirtiendo los azúcares que contiene en el extracto de malta, alcohol etílico y dióxido de carbono. Su constitución es rica en carbohidratos, vitaminas, aminoácidos, minerales y compuestos fenólicos, que se derivan especialmente de la malta y el lúpulo (Kawa-Rygielska et al., 2019)

La versatilidad de la cerveza no se limita solo al proceso de post-elaboración, la temperatura de trabajo, las materias primas y el tiempo o los aditivos utilizados influyen en la viabilidad de muchas cervezas hoy en día en el mercado. Su clasificación más tradicional se basa en el color, que puede variar desde el ámbar habitual hasta el negro y el marrón oscuro (Gisbter, 2018)

Pero existen muchas otras clasificaciones, que abarcan desde la graduación alcohólica, tipo de espuma, hasta su sabor o su olor. Siendo la rueda del flavor, basada en las condiciones organolépticas de la cerveza, una de las categorizaciones más objetivas donde podemos encontrar consolidada toda la información referente al sabor y el aroma de la cerveza.

Este estudio se fundamenta en el uso de la enzima alfa-milasa, su función es hidrolizar polisacáridos como el almidón, generando azúcares como la glucosa y maltosa. Es sensible a una acidez alta, por lo tanto, se inactiva a un pH entre 3,3 y 4,5, trabajando eficazmente en un rango entre 5,0 y 8,0; es resistente a temperaturas superiores a 60°C, siendo 70°C la ideal para su actividad (Garcia et al., 2016)

La investigación con enfoque científico, se centra además en implementar la enzima alfa-amilasa y describir los cambios bioquímicos presentes durante el proceso de la elaboración de la cerveza artesanal, desarrollando un diagrama de proceso y evaluando las características organolépticas del producto final.

OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL.

- ✓ Plantear una alternativa sustentable en base a las propiedades que brinda la alfa-milasa para mejorar la calidad físico-química del producto

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- ✓ Elaborar un diagrama de proceso para la fabricación de cerveza artesanal.
- ✓ Describir los componentes principales de la cerveza y sus etapas para ser consideradas materia prima de calidad
- ✓ Analizar metodológicamente los beneficios que aporta la alfa-milasa en el proceso de producción de la cerveza artesanal

CAPÍTULO 1

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

2.1 Cerveza.

2.1.1 Definición

La conceptualización de cerveza puede diferir entre lugares, de igual manera siempre tendrá similitudes entre sí, definida como una bebida alcohólica que no pasa por un proceso de destilación, de amargo sabor, elaborada con materia prima de calidad, ordinariamente con malta u otros granos. Hay muchos granos de los que se pueden obtener azúcares fermentables para hacer malta, pero la cebada malteada es la más utilizada. Contiene la proporción adecuada de almidón, proteína y sustancias nitrogenadas que promueven la extracción fermentable, el crecimiento de levadura y la formación de espuma, respectivamente (Valencia, 2022).

La variedad de cervezas desde la antigüedad hasta nuestros días se debe no sólo al proceso posterior a la maceración, el tiempo, la temperatura o aditivos utilizados, sino también al tipo de levadura utilizada. Su tradicional clasificación se fundamenta en el color, que puede ir desde el color ámbar hasta el negro y colores marrones rojizos (Boan, 2021).

En cuanto al proceso de la fabricación de bebidas, es un conocimiento que se ha desarrollado desde la antigüedad, por lo que se han identificado un sin número de cantidad de procesos que se distinguen por las técnicas aplicadas en el proceso de fabricación de la bebida alcohólica, dando lugar a dos divisiones: cerveza industrial y cerveza artesanal (Segobia et al., 2020).

2.2 Antecedentes históricos.

Es una de las bebidas más antiguas de la civilización, las primeras cervecías surgieron a mediados del siglo XVIII de la mano de inmigrantes europeos que obtenían sus materias primas de sus países de origen (Winkelman et al., 2019).

Aun que las cervezas objetivas más antiguas, proceden de los restos arqueológicos encontrados en la provincia de Hunan, en China, datados 2.000 años más tarde, adicionalmente en civilizaciones elamitas, egipcias y sumerias.

En su intento por ralentizar el proceso de fermentación, los cerveceros utilizaron una mezcla de hierbas conocida como "groot", cuyas propiedades antioxidantes hacen que la

cerveza dure más tiempo. La capacidad de conservar la cerveza no depende tanto de la invención del enfriador eléctrico, sino del uso de conservantes, muchos de los cuales resultaron ser inherentes al lupulo. Abre la posibilidad de procesamiento y almacenamiento a gran escala en contenedores herméticos (Gisbter, 2018).

2.3 Tipos de cerveza.

Existe un sin número de aristas en cuanto a tipos de cervezas, donde la principal diferencia radica en el tipo de levadura y la forma en que es utilizada durante el proceso de fermentación. Al variar ciertos aspectos de la producción de cerveza, se obtienen características especiales, por lo que se crean cervezas con propiedades diferentes entre sí.

Partiendo de esto, una cerveza podrá ser una Ale o una Lager; presentando una mayor oxigenación en la primera. Las cuales se dividen en:

“Ale Pale Ale, India Pale Ale, Red Ale, Brown Ale, Abbey Dubbel, Lager Pislner (de las más comunes), Dortmunder, Standard American Lager, Oktoberfest” (Torres, 2021).

2.4 Componentes de la cerveza.

Los principales componentes en la fabricación de la cerveza son:

- Agua potable
- Lúpulo
- Malta o Granos
- Levaduras

2.4.1 Agua.

La producción de cerveza posee una larga historia en el mundo, para producirla se necesita más y más agua del subsuelo, cuyas reservas se agotan conforme aumenta la población y su consumo (Corrales & Vera, 2022).

Cuantitativamente hablando, el agua es la materia prima utilizada en mayor proporción, y constituye la base sobre la que la cerveza imparte sus sabores agradables y amargos, textura, espuma y efervescencia. Por lo tanto, es importante que los líquidos sean puros, potables y sin sabor; Se dice que las propiedades del agua afectan mucho la

calidad del producto. Muchas grandes cervezas comerciales tienen muchas de sus características debido a la composición del agua.

Además, el agua contiene sales y minerales que afectan la calidad de la cerveza, tales como: calcio, sulfatos y cloruros. Cada uno juega un papel trascendental; El calcio aumenta el extracto de malta y los sulfatos activan un agradable sabor a lúpulo; Finalmente, los cloruros muestran una mayor dulzura. Por último, otra sal es el zinc, que nutre la levadura (De Clerck, 1957).

2.4.2 Lúpulo.

Es un principio activo que se usa en la elaboración de la cerveza. Los lúpulos tienen una serie de propiedades y ácidos alfa, que brindan el sabor amargo a la cerveza, compensando el sabor dulce de la malta, contienen además propiedades antibacterianas para la conservación de la cerveza, favoreciendo la formación, espesor y retención de espuma; además, los polifenoles o compuestos hidrosolubles presentes reaccionan con las proteínas no deseadas de la malta, permitiendo su filtrado o sedimentación (Suarez, 2013).

Las bebidas alcohólicas poseen compuestos como: ácidos fenólicos y los flavonoides se encuentran especialmente en la cebada y el lúpulo, y estos compuestos pueden afectar las propiedades organolépticas de la cerveza, dándole un sabor amargo y abundante en las bebidas. Se han identificado varios compuestos que tienen el mayor efecto: antocianinas, derivados, ácidos alfa, ácidos carboxílicos aromáticos y un sin número de ácidos presentes en las materias primas (Ordoñez et al., 2019).

Los compuestos fenólicos en la cerveza son muy complejos, debido a su estado original y cambios durante el desarrollo. Son los principales antioxidantes naturales en el desarrollo de la cerveza, entre el 70 y 80 % de ellos provienen de la malta y el 20 o 30 % del lúpulo. (Mudura et al., 2018).

2.4.3 Levadura.

La levadura considerada un m/o vivo, descubierto por Louis Pasteur en el año 1860, realizando estudios fermentativos de la cerveza. La levadura tiene la función de transformar un 50% del extracto de CO₂, el 44 % en etanol, y el 5% en el restante de a la levadura, mientras que el restante contribuye en un mínimo porcentaje en el sabor, color y aroma del producto final (Guerberoff et al., 2019).

Durante el proceso de fermentación, la levadura produce más de 500 compuestos químicos. Puede tener efectos tanto negativos como positivos sobre las propiedades organolépticas de la cerveza (Loviso et al., 2018).

Las levaduras Ale trabajan a una temperatura óptima, entre 15 y 25 °C. Esta fermentación produce subproductos, y ofrece sabores afrutados y florales a la bebida alcohólica.

La levadura lager corresponde a un combinado entre la *S. cerevisiae* y la *S. bayanus*. Estas levaduras actúan entre un rango de temperatura de 8 y 15 °C. Realizando un proceso de fermentación de cadenas largas de azúcares, obteniendo un producto final con características ligeras y suaves (Guerberoff et al., 2019).

Se conocen más de 500 tipos de levadura, y dentro de cada tipo se pueden encontrar miles de especies. Sin embargo, existen dos cepas principales del género *Saccharomyces* que se utilizan industrialmente en la fermentación (Quintana, 2021).

2.4.4 Malta.

La cerveza se puede hacer a partir de cualquier tipo de grano, que debe elaborarse de tal manera que los azúcares que contiene sean fermentables. En el caso del maíz, la cocción simple es suficiente y, en otros casos, el grano debe fermentarse, y la cebada es y se usa más comúnmente en la fermentación occidental (Pino, 2018).

La cebada se obtiene de la germinación del grano remojado en agua, tiene un alto contenido de carbohidratos, proteínas y vitaminas primarias que constituyen un alimento nutritivo, además, es fuente de energía para los organismos vivos. La cebada se obtiene principalmente rehidratando la cebada, dejando espacio para la germinación, proceso que se detiene con el secado de la cebada. El proceso de fermentación se encarga de liberar las enzimas necesarias para producir los azúcares necesarios para la obtención del alcohol etílico (Bugnar et al., 2019).

Las maltas acogen los nombres dependientes del tipo de cerveza fabricada con la misma, como Pilsen, Pale Ale, Munich, etc. También por los aromas, colores y sabores que brindan como la malta camelo, chocolate y aromática.

2.5 Fermentación Alcohólica.

Es un proceso de transformación de partículas por oxidación incompleta, obteniendo como resultado un compuesto orgánico, este proceso se puede realizar en cualquier ambiente con falta de oxígeno.

Es un proceso fundamental en la fabricación de bebidas alcohólicas, utilizando un tipo de levaduras para la producción de etanol utilizando sustratos como los azúcares fermentables del bagazo o mosto (Gordon et al., 2018).

El proceso de fermentación tiene una cierta complejidad, ya que consiste en al menos 2000 reacciones químicas. Para ajustar con precisión la reacción, debemos considerar que la relación entre productos y reactivos es el valor protegido por la industria cervecera (Gisbter, 2018).

Figura 1.

Procedimiento molecular de la Fermentación Alcohólica.



Nota: Formación de molecular de la fermentación alcohólica, adaptado desde(Gisbter, 2018).

Se toma en consideración, que la levadura produce etanol en ambiente anaerobio, por lo cual en el proceso del trasvasar el mosto al fermentador existe cierta filtración de oxígeno, que posee la desventaja de formar sabores y aromas desagradables, y una ventaja para que células sinteticen esteroides y ácidos grasos insaturados, ayudando al crecimiento de la biomasa.

2.6 Alfa-Amilasa.

Llamada dextrinificante debido a la formación de oligosacáridos durante el proceso. Rompiendo la unión micelar e hidrolizando la fécula mitiga la densidad del macerado separando cadenas lineales y de igual manera cadenas ramificadas.

Fragmenta los lazos alfa 1,4 generando un sin números de aldehídos, los cuales serán trabajados por la beta amilasa.

El rango de temperatura adecuado es de 70 a 72 ° C, superior a la beta-amilasa de 60 ° a 65 ° C. Al actuar sobre la amilosa, se obtiene maltosa y eritrodextrina, al actuar sobre

la amilopectina, producirá amilodextrina, eritrodextrina y acrodextrina. Las alfa-amilasas son metaloproteínas y requieren calcio para su estabilidad, y los iones de calcio estabilizan la molécula de la enzima.

Esto se debe a que se produce un aumento significativo de la viscosidad durante la gelatinización debido a un aumento del tamaño de las partículas que rozan entre sí; Si la agitación en el medio es insuficiente, puede ocurrir una transferencia de calor insuficiente en parte del almidón gelatinoso, por lo que puede ocurrir una descomposición inversa, lo que resultará en un mayor aislamiento de la superficie de transferencia de calor y eventualmente ocurrirá una descomposición inversa grande, lo que resultará en la formación de una pasta o tipo engrudo (Mendoza, 2017).

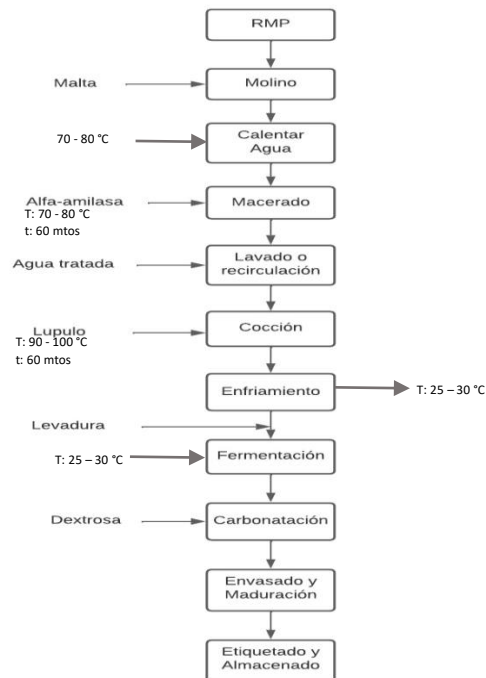
2.7 Efecto de la Alfa- Amilasa en la fermentación alcohólica.

“La presente investigación permite evaluar el efecto del cambio de concentración de enzimas por medio del proceso de hidrólisis enzimático, realizando un proceso de acidificación posterior al proceso de fermentación, en la cual se agregan variaciones de concentraciones de sustrato como la sacarosa en la bebida a fermentar. Los resultados obtenidos para el sustrato Chondaduro rojo, para la preparación de bebida alcohólica como la cerveza artesanal, después del proceso de hidrolización enzimática, se mostró que la concentración del sustrato como la sacarosa para la la enzima alfa-amilasa presentó un valor promedio de 16.76 grados Brix, y para el siguiente caso como el uso de la enzima glucomilasa, presento 20,30 grados Brix, presentando un aumento en la concentración de azúcares, por ende un mayor promedio de grados brix, presentando un pH promedio de 5,26; Los datos de concentración de azúcares reductores se obtuvieron con alfa-amilasa 18,02° Brix y glucoamilasa con un valor de 23,12° Brix. Después del proceso de fermentación, el valor de la baja concentración de azúcar se asigna a un promedio de 8.16 grados Brix con el valor de pH 4.19 y el contenido de alcohol es de 8,93°G.L” (Garcia et al., 2016).

2.8 Diagrama de Proceso.

Figura 2.

Diagrama de proceso para la elaboración de cerveza artesanal



Nota: Esquema para el desarrollo de bebidas alcohólicas (Astudillo, 2022).

2.8.1 Descripción del diagrama de flujo.

La recepción de la materia prima como la cebada, incluye procesos como el vaciado, limpieza, almacenamiento y transporte de materia prima. El propósito de la limpieza es solo materia prima de excelente calidad sea utilizada en la producción. (Torrente, 2019).

A continuación, la cebada se muele con un molino especialmente diseñado para esta materia prima. El proceso de fermentación no estará completo hasta que se alcance un cierto tamaño de grano (entre 1 y 1,5 mm), por lo que se realiza la filtración natural de la cubierta de la semilla y se logra el almidón o endospermo interno presente dentro del grano entre en contacto con el agua.

Este proceso se realiza para que al entra a la maceración la malta o cebada este directamente en contacto con el agua que estará a temperaturas de 60 y 70 °C para la extracción de los azúcares que posee la malta. El grano al estar en contacto con el agua

libera almidón obteniendo el bagazo o mosto, el cual posee un conjunto de componentes como azúcares fermentable, proteínas, aminoácidos entre otros.

En este proceso se añade la enzima alfa-amilasa a una temperatura de 60 – 70 °C para la formación de sacarífiques y utilizarlo de optima manera.

La recirculación de realiza mezclando el bagazo con el agua tratada con el objetivo de extraer la mayor fuente de azúcares posibles como la sacarosa presente en el mosto La mezcla se calienta a alta temperatura hasta alcanzar unos 70 °C. Cuando se hierve el mosto de malta se eliminan los compuestos volátiles indeseables, aumenta su espesor, se eliminan los microorganismos de la cebada y el lúpulo y se liberan fácilmente los ácidos alfa por exceso de calor.

En este punto, el concentrado a 80°C a una temperatura de 20-25°C pasa por medio de un maquina intercambiadora de calor a contracorriente, el producto macerado o mosto pasa por el serpentín interior, mientras que por el serpentín exterior pasa agua a temperaturas bajas, realizando un enfriado rápido y que los líquidos no entren en contacto.

Como siguiente proceso es la fermentación en la cual se utiliza la levadura Safale S-04, existen muchas levaduras, dependiendo de la cerveza que desea realizar, la levadura en centra en fermentar azúcares como la glucosa, maltosa y maltotriosa, obteniendo como resultado alcohol etílico y gas. Se hace uso de un fermentador isobárico, ya que presenta características como el soportar presiones, y en un ambiente totalmente anaeróbico libre de bacterias o agentes externos.

Una vez finalizada la fermentación inicia la carbonatación la cual puede ser natural o artificial. Si es natural se añade nuevos azúcares y se sella el envase para que se dé la formación de CO₂, si la carbonatación de artificial se añade CO₂ (Quintana, 2021).

El proceso de envasado se realiza con el uso de una maquina llenadora manual y una chapadora manual, vertiendo el líquido en las botellas ya sea de presentación personal o tamaño normal. Luego del proceso de envasado inicia la maduración o como otros autores la llaman una segunda fermentación, en este proceso los sabores y olores se concentran de forma uniforme, continúa una serie de reacciones químicas, pero de manera más lenta y la producción de CO₂.

Para finalizar, el proceso de etiquetado y almacenaje se realiza manualmente por operarios capacitados, el almacenaje de la cerveza es fundamental este en una temperatura de 4 °C para que la cerveza se mantenga en optima condiciones (Arroyo, 2019).

3. CONCLUSIÓN.

Se ha determinado que la implementación de la enzima alfa-amilasa en el proceso tecnologico de la elaboracion de cerveza artesanal, aplicandola desde la maceracion y consecuentemente en el proceso de fermentacion ofrece mejores características organoleticas del producto terminado en cuanto a su grado alcohólico, sabor y color ofreciendo una mayor separacion entre el liquido y el mosto. Esto gracias a las propiedades en la enzima alfa-amilasa que actúa como hidrolizante de polisacaridos como el almidon, liberando glucosa y maltosa, azucares importantes en el proceso de fermentacion y maduracion de la cerveza artesanal.

BIBLIOGRAFÍA.

- Arroyo, J. (2019). Diseñor de un proceso de produccion de cerveza artesanal de maracuya. *Área Departamental de Ingeniería Industrial y de Sistemas*, 35-37.
- Boan, M. (2021). Manual Cervecerero II. 10-11.
- Bugnar, M., & Franzoni, A. (2019). Producción de malta tipo Pilsen a partir de cebada cervecera. *Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional de la Plata*, 10-12.
- Corrales, S., & Vera, J. (2022). Industrialización del agua y producción de cerveza en Monterrey. *Scielo*. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-49642022000100317
- De Clerck, J. (1957). Textbook of Brewing. Chapman and Hall. *London*.
- Garcia, A., & Valderrama, M. (2016). Evaluación de la licuefacción e hidrólisis enzimática como tratamient atamientos para incrementar el r ementar el rendimiento endimiento alcohólico en la o alcohólico en la fermentación de chontaduro (*Bactris gasipaes*). *Universidad de La Salle, Bogotá*, 20-22. Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1067&context=ing_alimentos
- Gisbter, M. (2018). Diseño del proceso industrial para la elbaoracion de cerveza. *Universidad Politecnica de Valencia* , 6-7.
- Gordon, R., Power, A., Chapman, J., Chandra, S., & Cozzolino, D. (2018). A Review on the Source of Lipids and Their Interactions during Beer Fermentation that Affect Beer Quality. *Scielo*. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/fermentation4040089>
- Guerberoff, G., Marchesino, M., Lopez, P., & Olmedo, R. (2019). El perfil sensorial de la cerveza como criterio de calidad y aceptación. *Universidad Nacional de Cordova*, 52-54. Obtenido de <https://1library.co/document/zkxgv31y-perfil-sensorial-cerveza-criterio-calidad-aceptacion.html>
- Kawa-Rygielska, J., Adamenko, K., Kucharska, A., Prorok, P., & Piórecki. (2019). Physicochemical and antioxidative properties of Cornelian cherry beer. *Food Chemistry*, 147-153.
- Loviso, C., & Libkind, D. (2018). Síntesis y regulación de compuestos del aroma y el sabor derivados de la levadura en la cerveza: ésteres. *Scielo*, 436-437.
- Mendoza, J. (2017). Mejoras al proceso de elaboracion de cerveza para incrementar la competitividad de la empresa. *Instituto Politecnico Nacional* , 24-26.
- Mudura, E., Coldea, T., & Socaciu, C. (2018). Brown beer vinegar: A potentially functional product based on its phenolic profile and antioxidant activity. . *Journal of the Serbian Chemical Society*, 19-30.
- Ordoñez, R., Rodriguez, J., Urresto, J., & Narvaez, C. (2019). Compuestos funcionales presentes en la cerveza y su influencia en la salud. *Universidad Agraria del Ecuador*, 106-107.
- Pino, M. (2018). Estudio experimental de las etapas de maceración y fermentación para la obtención de cerveza a partir de malta de sorgo. *Scielo*.

- Quintana, A. (2021). Procesos bioquímicos de las levaduras implicadas en la elaboración de cerveza. *Universidad de Coruña*, 12-13.
- Segobia, A., Segobia, A., Medina, E., & Muñoz, A. (2020). Evaluación del malteado y fermentación en el proceso de cerveza artesanal tipo ALE, utilizando el sorgo (*Sorghum vulgare*) como materia prima. *Revista Ingeniería e Innovación*, 96-97.
- Suarez, M. (2013). Cerveza, componentes y propiedades. *Universidad de Oviedo*, 10-12.
Obtenido de
https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/19093/TFM_%20Maria%20Suarez%20Diaz.pdf;jsessionid=957E0E8F70EA12B3CFD104686C457380?sequence=8
- Torrente, S. (2019). Aprovechamiento de los subproductos generados en la industria cervecera. *Universidad de complutense*, 7-8.
- Torres, M. (2021). Elaboración de cerveza en base de harina de residuos agroindustriales de cacao. *Universidad Tecnica de Ambato*, 11-13.
- Valencia, F. (2022). Desarrollo y análisis sensorial de una cerveza artesanal usando una levadura no convencional. *Universidad de los Andes*, 2-3.
- Winkelman, B., Colino, E., & Civitaresi, H. (2019). ESistema Agroalimentario Localizado de la cerveza artesanal de San Carlos de Bariloche, Argentina. *Scielo*, 38-39.